



TITLE:

# 環境と文脈を持つ計算体系とその論理

AUTHOR(S):

佐藤, 雅彦

---

CITATION:

佐藤, 雅彦. 環境と文脈を持つ計算体系とその論理. 2004

ISSUE DATE:

2004-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/84882>

RIGHT:

学術雑誌掲載論文の抜き刷り、出版社に著作権許諾が得られていないため未掲載。

# 環境と文脈を持つ計算体系とその論理

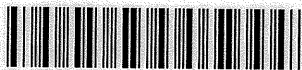
(課題番号： 13480082)

平成13～15年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))  
研究成果報告書

平成16年3月

研究代表者 佐藤 雅彦  
(京都大学・情報学研究科)

京 都 大 学 図 書



1040941254

附 属 図 書 館

## はしがき

本書は科学研究費補助金基盤研究(B)(2)などの補助を得て、平成13年度から平成15年度までに行なった研究の成果報告書である。

## 研究目的

本研究の目的は、(1) 環境と文脈の概念を第一義的な要素として持つ計算系を構築すること、(2) 論理の立場からこの計算系の理論的分析を行なうこと、(3) これらを通じて環境と文脈を持つ計算系の特性を明らかにすること、である。本研究課題では、環境や文脈を第一義的な要素として持つ計算系を型理論の枠組の中で構築し、その理論の解析、計算系に対する理論の研究、更に計算系で記述されるプログラムに対する推論体系の構築を行なう。また、この計算体系の有効性を確認する為、プロトタイプ処理系の実装を行なう。

## 主要な研究成果概要

明示的環境や明示的文脈を持った計算体系の型理論の構築と実装(論文[6, 8, 10, 11, 13]) 環境や文脈を第一義的な要素として扱うことができる計算体系を提案した。この体系では、通常メタレベルで扱われる環境や文脈を、体系内で形式化している。このような体系を型理論に基づいて構築し、型の保存性、合流性、強正規化可能性、従来の体系に対する保守的拡大性を証明した。また、単純型理論の拡張としての体系だけではなく二階の型理論を拡張する形でも体系を構築し、ともに、上で挙げたよい性質を満たすことが確認された。

超変数を持った計算体系の型理論の構築(論文[7, 9, 12, 14]) 文脈の穴は、その穴にプログラムを挿入するときに変数束縛が発生するなど、超変数の役割を持っている。本研究では、超変数を持つ計算体系を提案し、その性質を調べた。この体系は、対象言語の変数をレベル0、メタ言語の変数をレベル1、メタメタ言語の変数をレベル2、などと設定し、それにより項にもレベルを付与することにより、超変数への代入の際に発生する変数束縛を表現できるようにした。これにより、レベルの低い項は対象言語の文法的な対象として扱うことができる。この体系は、変数衝突を避けない代入を表現できるため、文脈の概念を形式化する際にも有効である。実際に、上で提案した計算体系では実現できなかった文脈の合成が、この体系では表現できることを明らかにした。さらに、この計算体系が型の保存性、合流性、強正規化可能性などの好ましい性質をもつことを証明した。また、超変数に付随して現われる言語機構である擬似引用を持つ計算体系の構築も行なった。

以下の報告書では、明示的環境や明示的文脈を持った計算体系に関しては単純型理論に基づく体系についての論文“A Simply Typed Context Calculus with First-Class Environments”[6]と二階の型理論に基づく体系についての論文“A Second-Order Context Calculus”[8]を添付することで、超変数を持った計算体系に関しては、論文“擬似引用を持つ型付計算体系 $\lambda q$ ”[9]と論文“Calculi of Metavariables”[7]を添付することによって報告に代える。

## 研究組織

研究代表者: 佐藤 雅彦 (京都大学・情報学研究科・教授)  
研究分担者 (平成 14 年度まで): 亀山 幸義 (筑波大学・システム情報工学研究科・助教授)  
研究分担者 (平成 14 年度まで): 竹内 泉 (東邦大学・理学部・講師)  
研究分担者 (平成 14 年度から): 五十嵐 淳 (京都大学・情報学研究科・講師)  
研究分担者 (平成 15 年度から): 中澤 巧爾 (京都大学・情報学研究科・助手)

## 交付決定額

(金額単位: 千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 13 年度	3,000	0	3,000
平成 14 年度	2,600	0	2,600
平成 15 年度	1,700	0	1,700
計	7,300	0	7,300

## 研究発表

### 学会誌など査読付論文

- [1] Atsushi Igarashi and Naoki Kobayashi. A generic type system for the pi-calculus. *Theoretical Computer Science*, Vol. 311, No. 1-3, pp. 121-163, January 2003.
- [2] Atsushi Igarashi and Naoki Kobayashi. Resource usage analysis. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 2004. To appear.
- [3] Yuki Yoshi Kameyama and Masahiko Sato. Strong normalizability of the non-deterministic catch/throw calculi. *Theoretical Computer Science*, Vol. 272, No. 1-2, pp. 223-245, 2002.
- [4] Koji Nakazawa and Makoto Tatsuta. Strong normalization proof with CPS-translation for second order classical natural deduction. *The Journal of Symbolic Logic*, Vol. 68, No. 3, pp. 851-859, September 2003. A corrigendum was presented in *The Journal of Symbolic Logic* 68(4):1415-1416, December 2003.
- [5] Masahiko Sato, Yuki Yoshi Kameyama, and Izumi Takeuti. CAL: A computer assisted learning system for computation and logic. In *Proceedings of the EUROCAST 2001*, Vol. 2178 of *Springer LNCS*, pp. 509-524, 2001.

- [6] Masahiko Sato, Takafumi Sakurai, and Yuki Yoshi Kameyama. A simply typed context calculus with first-class environments. *The Journal of Functional and Logic Programming*, Vol. 2002, No. 4, pp. 1–41, 2002.
- [7] Masahiko Sato, Takafumi Sakurai, Yuki Yoshi Kameyama, and Atsushi Igarashi. Calculi of metavariables. In *Proceedings of the the Annual Computer Science Logic (CSL'03) and 8th Kurt Gödel Colloquium*, Vol. 2803 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 484–497, Vienna, Austria, August 2003. Springer-Verlag.
- [8] Azza A. Taha, Masahiko Sato, and Yuki Yoshi Kameyama. A second-order context calculus. コンピュータソフトウェア, Vol. 19, No. 3, pp. 2–19, 2002.
- [9] 山本和樹, 岡本暁広, 五十嵐淳, 佐藤雅彦. 擬似引用を持つ型付計算体系  $\lambda q$ . 第5回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2003) 論文集, pp. 87–102. 日本ソフトウェア科学会, 2003. <http://wwwfun.kurims.kyoto-u.ac.jp/~nisimura/ppl2003/>.

口頭発表・学位論文・その他

- [10] Azza A. Taha. *A Foundational Theory of Contexts in Functional Programming Language*. PhD thesis, Graduate School of Informatics, Kyoto University, October 2001.
- [11] 小林哲郎. 京都大学工学部情報学科計算機科学コース特別研究報告書, 2002.
- [12] 佐藤雅彦, 桜井貴文, 亀山幸義. 引用と超変数. 日本ソフトウェア科学会第19回大会論文集, 2002.
- [13] 澤田康秀. 部分型をもつ明示的環境計算. Master's thesis, 京都大学大学院情報学研究科, 2003.
- [14] 山本和樹. 擬似引用の機構を持つ計算体系  $\lambda q$ . Master's thesis, 京都大学大学院情報学研究科, 2003.